植 物 分 类 与 资 源 学 报　2012, **34** (3): 271~286
Plant Diversity and Resources　DOI: 10.3724/SP.J.1143.2012.11183

卫矛属刺果卫矛组的数量分类学分析*

郑彦超, 沐先运, 李研南, 涂　蔷, 张志翔**
(北京林业大学生物科学与技术学院树木系统进化与生物地理学研究室, 北京　100083)

摘要: 通过对1 500余份标本的测量和统计, 结合文献和野外考察, 选取了30个形态学性状, 对卫矛属 (*Euonymus*) 刺果卫矛组 (sect. *Echinococcus*) 13个种进行了数量分类学分析。聚类分析结果表明, 美国卫矛 (*E. americanus*) 和陈谋卫矛 (*E. chenmoui*) 的亲缘关系最近, 不支持Blakelock将本组划分为两个系的观点。本组中系统位置有争议的物种: 厚叶卫矛 (*E. hemsleyanus*) 与紫刺卫矛 (*E. angustatus*)、棘刺卫矛 (*E. echinatus*) 和无柄卫矛 (*E. subsessilis*)、刺猬卫矛 (*E. hystrix*) 和蒙自卫矛 (*E. mengtseanus*)、刺果卫矛 (*E. acanthocarpus*) 和腾冲卫矛 (*E. tengyuehensis*), 在聚类图中显示出较远的亲缘关系, 通过方差分析对这些物种间有较明显差异的性状进行进一步分析。结果表明, 这些物种在叶尖角度、叶长、侧脉与主脉的夹角、花序梗长等性状上均具有显著差异。分析结果支持将蒙自卫矛与腾冲卫矛排除出刺果卫矛组, 支持厚叶卫矛和紫刺卫矛作为独立的种, 由于在交叉分布地域没有足够的研究资料, 棘刺卫矛和无柄卫矛的系统位置有待进一步确认。因子分析结果表明, 本实验所用性状间的独立性较强, 叶长、侧脉与主脉的夹角、花序分支数、果实带刺的长度等18个性状在本组中具有重要的分类学意义。

关键词: 卫矛属; 刺果卫矛组; 性状; 数量分类; 聚类分析; 方差分析; 因子分析
中图分类号: Q 949　**文献标识码**: A　**文章编号**: 2095-0845(2012)03-271-16

A Numerical Taxonomic Study of the *Euonymus* Section *Echinococcus* (Celastraceae)

ZHENG Yan-Chao, MU Xian-Yun, LI Yan-Nan, TU Qiang, ZHANG Zhi-Xiang**
(*Laboratory of Systematic Evolution and Biogeography of Woody Plants*, *College of Biological Sciences and Biotechnology*, *Beijing Forestry University*, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on 30 morphologic characters from 1 500 specimens representing 13 species within the section *Echinococcus*, *Euonymus*, a numerical taxonomic study is presented. The result of cluster analysis showed that the distance between *E. americanus* and *E. chenmoui* is the nearest. Two series found by Blakelock in the section is not agreed. Some species which had confusing genetic relationship (*E. hemsleyanus* and *E. angustatus*, *E. echinatus* and *E. subsessilis*, *E. hystrix* and *E. mengtseanus*, *E. acanthocarpus* and *E. tengyuehensis*) showed far distance with each other. Characters which had obvious difference between these species were studied using analysis of variance, the result showed that there were significant difference on these characters (angle of leaf apex, length of leaf, angle between lateral vein and midrib, length of peduncle etc.). The result supported the conclusion that *E. mengtseanus* and *E. tengyuehensis* should be removed from the section. *E. hemsleyanus* and *E. angustatus* should be considered as separate species. Because there were no enough research data in crossed region, genetic relationship between *E. echinatus* and *E. subsessilis* should be researched in the future. The result of factor analysis showed that characters were independent in the experiment, 18 characters including length of leaf, angle between lateral vein and midrib, number of inflores-

---

* 基金项目: 国家自然科学基金项目 (30870149)
** 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: zx.zhang@263.net
收稿日期: 2011-12-14, 2012-05-10 接受发表
作者简介: 郑彦超 (1988-) 男, 在读硕士研究生, 主要从事植物分类学研究。E-mail: 573143902@qq.com

cence branch, length of capsule (including prick) etc. were of significance for classification of section *Echinococcus*.
Key words: *Euonymus*; *Echinococcus*; Characters; Numerical taxonomy; Cluster analysis; Analysis of variance; Factor analysis

卫矛属（*Euonymus* L.）是卫矛科（Celastraceae）中第2大属，全世界约有220种，分布东西两半球的亚热带和温暖地区，仅有少数种类北伸至寒温带。我国有111种，10变种，4变型，是现代卫矛属分化和分布的中心。卫矛属通常为灌木或小乔木，叶对生，聚散圆锥花序，花两性，花部4～5数，花萼绿色，多为宽短半圆形，花瓣较花萼长大，多为白绿色或黄绿色，花盘发达一般肥厚扁平、圆或方，雄蕊着生花盘上面，多在靠近边缘处，花药"个"字着生或基生，子房半沉于花盘内，4～5室，胚珠每室2～12室，蒴果形态多样，通常以蒴果形态为主要特征性状将卫矛属分为5组：翅果卫矛组（sect. *Uniloculares* Rouy et Fouc.），果实背部向外延伸成翅状；浅裂卫矛组（sect. *Euonymus*），发育时心皮顶端生长迟缓，使果实呈浅裂状；深裂卫矛组（sect. *Melanocarya*（Turcz.）Nakai），发育时心皮在近花柱一侧不发达，使蒴果呈深裂状；冬青卫矛组（sect. *Ilicifolia* Nakai），心皮各部等量生长，果实近球形；刺果卫矛组（sect. *Echinococcus* Nakai），心皮各部等量生长，果皮外被刺或瘤突。种子每室常为1～2个成熟，种子外被红色或黄色肉质假种皮（诚静容和黄普华，1999）。

刺果卫矛组（sect. *Echinococcus* Nakai）由Nakai于1941年建立，模式种为棘刺卫矛（*E. echinatus* Wall.），本组多为灌木或藤本状灌木，花通常为4数，蒴果具刺或瘤突，该组主要分布在东亚地区，在我国多分布于长江以南地区。Nakai发表刺果卫矛组时认定6个种，Blakelock（1951）对卫矛属进行了专著性研究，将卫矛属划分为2亚属7组14系，其中刺果卫矛组包含27种6变种，依据叶的常绿或落叶习性以及花4或5数将本组划分为两个系，分别是ser. *Tuberculati*（Loes.）Blakel. 和ser. *Echinati*（Loes.）Blakel.，其中ser. *Tuberculati*（Loes.）Blakel. 包含美国卫矛（*E. americanus* L）及其两个变种和*E. obovatus* Nutt.，ser. *Echinati*（Loes.）Blakel. 包含其余25种及4变种，同时，Blakelock对本属中各组、系之间的系统关系进行了探讨，根据圆而光滑的蒴果一般比深裂状蒴果或果皮上有附属物的蒴果更原始的观点，认为冬青卫矛组是最原始的类群，包括刺果卫矛组在内的其他类群均由冬青卫矛组直接或间接演化而来。《中国植物志》（诚静容和黄普华，1999）以蒴果形态为主要特征性状将卫矛属分成5组，其中中国有刺果卫矛组20种2变种，组下不进行等级划分，其中，蒙自卫矛（*E. mengtseanus*（Loes.）Sprague）在Blakelock（1951）的研究中属于二室药组（sect. *Biloculares* Rouy et Fouc.）大果系（ser. *Myrianthi* Blakel.），而《中国植物志》将其放在刺果卫矛组中，产生分歧的主要原因是蒙自卫矛在发表时仅有开花的标本，缺乏果实的特征信息。《中国植物志》认为在蒙自稍南的屏边地区采到的具刺果实标本在枝叶及果序等方面与本种相近，因此认为本种为刺果卫矛组成员，但《中国植物志》并未指定标本信息，因此本种的系统位置仍有待进一步确定。Ma（2001）对卫矛属进行了专著性的修订，以蒴果形态为主要特征性状将本属分成2亚属5组，组下不进行等级划分，其中刺果卫矛组共有18种，造成本组种数减少的原因是马金双对本组内的大量物种进行了归并，其中，将厚叶卫矛（*E. hemsleyanu* Loes.）、紫刺卫矛（*E. angustatus* Sprague）并入星刺卫矛（*E. actinocarpus* Loes.），将蒙自卫矛（*E. mengtseanus*（Loes.）Sprague）和刺猬卫矛（*E. hystrix* W. W. Smith）并入*E. balansae* Sprague，将无柄卫矛（*E. subsessilis* Sprague）并入棘刺卫矛（*E. echinatus* Wall. ex Roxb.），此外，腾冲卫矛（*E. tengyuehensis* W. W. Smith）在Blakelock（1951）的研究中属于冬青卫矛组（sect. *Ilicifolia* Nakai）冬青系（ser. *Japonici* Nakai），在《中国植物志》中属于冬青卫矛组（sect. *Ilicifolia* Nakai），而马金双将此种并入刺果卫矛（*E. acanthocarpus* W. W. Smith）。作者在对刺果卫矛组研究的过程中发现，厚叶卫矛和紫

刺卫矛在叶长、花序梗长、花序分支数、果实带刺的长度以及果实刺长等性状上具有明显的差异性；蒙自卫矛和刺猬卫矛在叶质、叶长、叶形、花序分支数以及果实是否具刺等性状上具有明显的差异性；无柄卫矛和棘刺卫矛在叶长、叶柄长、花序分支数、花丝长及柱头长等性状上存在明显差异性；腾冲卫矛和刺果卫矛在叶长、叶柄长、花序梗长、花丝长、柱头长以及果实是否具刺上存在明显差异性。但是仅从直观上得到的判断并不能作为这些物种归并合不合理的依据，因此，为了更清楚的了解这些种的系统位置以及上述归并是否合理，必须通过统计学的方法对物种性状进行定量研究，以得到科学且具有说服力的结果。

数量分类学是传统分类学与统计学、计算机技术相结合的边缘学科，在 20 世纪 50 年代被引入到植物分类学研究，它能综合大量形态信息，运用数学方法将所有的分类性状加以等权处理，以性状间的相似性来进行归类，可以较为客观的体现研究对象的亲缘关系（钟扬等，1989；徐克学，1994，1999）。鉴于它客观化、数量化的优点，数量分类学已经被应用到萱草属（*Hemerocallis* L.）（熊治廷等，1997）、地黄属（*Rehmannia* Liboschitz ex Fischer & C. A. Meyer）（李晓东等，2008）、青冈属（*Cyclobalanopsis* Oerst. = Quercus L.）（刘凌燕等，2008）、菊属（*Dendranthema*（DC.）Des Moul.）（戴思兰等，1995）、猕猴桃属（*Actinidia* Lindl.）（何子灿等，2000）、栎属（*Quercus* L.）（彭焱松等，2007）、薹草属（*Carex* L.）（张景博等，2010）的分类修订工作当中。而在卫矛属的分类工作当中，主要以经典的手段为主，近些年来有人用电子显微镜对叶表皮（张益锋等，2009）、种皮微形态（李艳等，2008；师丽花等，2008）进行了研究，而用数量分类学对卫矛属植物进行分类学研究还处于探索性阶段（吴晓春等，1991），因此，本文以腊叶标本为主要研究对象，通过对物种性状的大量测量统计，首次运用数量分类学方法对卫矛属刺果卫矛组进行了系统研究，对一些系统位置存在争议的物种进行了确认，并结合方差分析等方法对一些物种的归并处理是否合理进行了探讨，此外，还对在本组分类中较重要的特征性状进行了分析，同时为数量分类学在本属其他组中的应用做出了铺垫。

1　材料与方法

1.1　实验材料

本文的物种定义以《中国植物志》为标准，以全国各主要标本馆及尼泊尔国家标本馆所藏的 1 500 余份卫矛属刺果卫矛组腊叶标本为主要观测对象，其中中国科学院植物研究所标本馆（PE）643 份、四川大学标本馆（SZ）346 份、中国科学院成都生物研究所（CDBI）106 份、中国科学院昆明植物研究所（KUN）433 份，尼泊尔国家标本馆（KATH）32 份，选取标本数量达 5 份以上，且具有完整花、果信息的物种为研究对象。经过筛选，符合条件的有 11 个种，再加上美国卫矛（*E. americanus* L）和与本组物种有争议的腾冲卫矛（*E. tengyuehensis* W. W. Smith），共 13 个物种成为为本实验的研究对象。物种名称、编号及每个种进行统计测量的标本数目见表 1，标本引证见附录Ⅰ，此外，在实验中也参照了腊叶标本的原始采集记录和相关文献的记载和描述（傅书遐，2002；张泽荣，1988；陈书坤和王红，2006；吴征镒，1986；裘宝林，1993；吴德邻，2007；李永康，1986），并对其中的 6 种进行了野外活体观测。

表 1　卫矛属刺果卫矛组物种名称、编号及标本数目

Table 1　Taxa name, codes and number of specimens for Section *Echinococcus*

编号 Code	俗名 Local name	学名 Species name	标本数目 Number of Specimens
1	刺果卫矛	*E. acanthocarpus* Franch.	27
2	软刺卫矛	*E. aculeatus* Hemsl.	16
3	美国卫矛	*E. americanus* L.	17
4	紫刺卫矛	*E. angustatus* Sprague	15
5	陈谋卫矛	*E. chenmoui* Cheng	10
6	隐刺卫矛	*E. chuii* Hand. -Mazz.	24
7	棘刺卫矛	*E. echinatus* Wall. ex Roxb.	25
8	厚叶卫矛	*E. hemsleyanus* Loes.	6
9	刺猬卫矛	*E. hystrix* W. W. Smith	17
10	蒙自卫矛	*E. mengtseanus* (Loes.) Sprague	10
11	无柄卫矛	*E. subsessilis* Sprague	24
12	腾冲卫矛	*E. tengyuehensis* W. W. Smith	17
13	长刺卫矛	*E. wilsonii* Sprague	22

1.2　实验方法

1.2.1　性状的选取与编码　每个种测量 5 ~ 30 份标本，最初选取了 54 个性状进行测量统计，然后对无法测量的性状、物种间无差异性的性状及某些物种无法获得的性状进行剔除，最后保留 30 个性状作为分析性状（表

2)，其中叶性状15个，花序及花部性状9个，果实性状6个，质量性状与数量性状各占15个，计算出各性状的平均值作为分析的基本数据（附表1)，在这些性状中，有些是间接计算得出，现解释如下：

叶的长宽比：叶尖到叶基的长度/叶最宽处的长度（ae/bc)（图1为卫矛属叶形示意图，下同)

叶长和叶柄长的比：叶的长度/叶柄长度（af/ef)

叶长与叶侧脉数的比：叶的长度(af)/叶侧脉数

叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比：(ae/de)

花直径与一侧花冠长度的比：花的直径/一侧花冠的长度

果实带刺的长度与果实不带刺的长度的比：果实带刺的长度/果实不带刺的长度

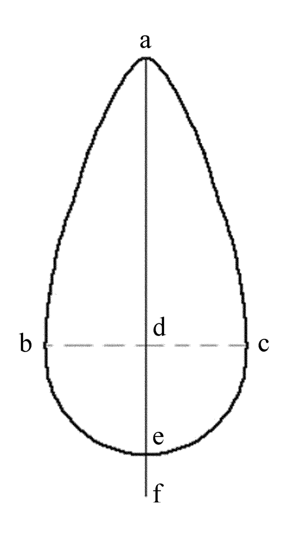


图1 卫矛属叶形分解图

Fig.1 Illustration of leaf characteristics

a：叶尖顶点；b：叶最宽处左侧点；c：叶最宽处右侧点；d：叶主脉与叶最宽处线段的交点，即ae与bc的交点；e：叶基端点；f：叶柄端点；af：叶长；ae：叶尖到叶基的距离；ef：叶柄；bc：叶最宽处的距离；de：叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离

a：endpoint of leaf apex；b：endpoint of the widest distance of leaf on the left；c：endpoint of the widest distance of leaf on the right；d：point of intersection of "ae" and "bc"；e：endpoint of leaf base；f：endpoint of petiole；ae：distance between "a" and "e"；ef：petiole；bc：the widest distance of leaf；de：distance between "d" and "e"

在性状数量化时采用等级数量编码方法，二态性状以"0"、"1"表示，有序多态性状按"0"、"1"、"2"等进行编码，无序多态性状经过分解进行编码，数量性状直接以所测得的值进行赋值（表2)（徐克学，1999)。

1.2.2 *数据分析*

1.2.2.1 聚类分析 为了消除不同量纲对数据分析产生的影响，首先对原始数值矩阵进行标准差标准化处理，即正规化处理，再对正规化数据计算各个分类单位之间的平方欧氏距离系数，然后采用目前系统聚类中使用最多的聚合方法——UPGMA（非加权配对算术平均法）方法，作出分类单位聚类结果的树形图，即亲缘关系表征图（何晓群，2008)。全部数学运算均在PASW Statistics 18（IBM公司）软件上完成。

1.2.2.2 方差分析 通过对系统位置有争议的物种（厚叶卫矛与紫刺卫矛、棘刺卫矛与无柄卫矛、刺猬卫矛与蒙自卫矛、刺果卫矛与腾冲卫矛）的性状平均值进行对比（附表1)，并结合聚类分析的结果，选择出具有较大差异性的性状，对这些性状的原始数据值进行单因素方差分析，判断性状间是否具有显著差异性，其中P值小于0.05的为显著，小于0.01的为极显著，全部运算均在PASW Statistics 18（IBM公司）软件上完成。

1.2.2.3 因子分析 因子分析是在标准化矩阵基础上求性状间的相关系数，通过主成分法求出因子的特征值、贡献率、累计贡献率，保留特征值大于1的因子。为了更好地解释因子与性状的关系，对因子进行最大方差法正交旋转，得到旋转后因子的特征值、贡献率、累计贡献率和因子载荷矩阵，通过因子载荷矩阵分析旋转后因子与性状间的关系（何晓群，2008)。全部数学运算均在PASW Statistics 18（IBM公司）软件上完成。

2 结果

2.1 聚类分析的结果

聚类分析的树形图如图2所示，为了更好的对聚类结果进行分析，通常在合并聚类系数之间跳跃最大处做结合线（陈守良和徐克学，1983)，从聚类分析的合并进程表中可看出（附表2)，第11步与第12步合并距离系数之间的差值（12.85）是最大的，第9步与第10步合并距离系数之间的差值（7.18）次之，因此在这两处的中点分别作结合线L1（52.67）和L2（68.46)。

从聚类图中可以看出，L1将物种划分为两大类，Ⅰ类（如图2所示，下同）包括有蒙自卫矛和腾冲卫矛，从性状的原始数据表中可以看出，二者的主要特征是皆为直立灌木，且果实无刺；Ⅱ类包括其余11个种，特征是皆为攀援状藤本，且果实具刺。L2进一步将Ⅱ类划分为A、B、C 3个类群，其中A类包括美国卫矛、陈谋卫矛、棘刺卫矛、厚叶卫矛、隐刺卫矛，从性状的原始数据表中可以看出，这5个种的共同特征是叶较小（<73 mm）（括号内的数据为统计后的平均数据，下同)，叶尖较钝（>42°)，侧脉间

距离较短（<12 mm），花序梗较短（<25 mm），花序分支数少（<2 次），果实带刺的长度较短（<17 mm）；B 类包括紫刺卫矛、刺猬卫矛、软刺卫矛、长刺卫矛，这 4 个种的共同特征是叶较大（>98 mm），叶尖较尖（<46°），侧脉间距离较长（>19 mm），花序梗较长（>24 mm），花序分支数多（>3 次），果实带刺的长度较长（>17 mm）；C 类包括刺果卫矛、无柄卫矛，他们的特征是具有较长的花丝（>1.5 mm）和柱头（>1.5 mm），其余两小类的花丝和柱头不明显（<1 mm）。

表 2　分类性状及编码

Table 2　Taxonomic characteristics and codes

性状编号 No. of characters	性状 Character	性状类型* Type*
1	叶尖角度 Angle of leaf apex/°	Q
2	叶基角度 Angle of leaf base/°	Q
3	叶长 Length of leaf/mm	Q
4	叶的长宽比 Length of “ae”/length of “bc”	Q
5	叶长和叶柄长的比 Length of “af”/length of “ef”	Q
6	叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比 Length of “ae”/length of “de”	Q
7	叶侧脉数 Number of lateral veins	Q
8	叶长与叶侧脉数的比 Length of “af”/number of lateral veins	Q
9	侧脉与主脉的夹角 Angle between lateral vein and midrib/°	Q
10	花序梗长 Length of peduncle/mm	Q
11	花序分支数 Number of inflorescence branch	Q
12	花直径 Diameter of flower/mm	Q
13	花直径与一侧花冠长度的比 Diameter of flower/length of petal	Q
14	果实带刺的长度 Length of capsule/mm (including prick)	Q
15	果实带刺的长度与果实不带刺的长度的比 Length of capsule (including prick)/length of capsule (without prick)	Q
16	习性：藤本状灌木（0）/直立灌木（1） Habit：Scandent shrubs (0)/Erect shrubs (1)	T
17	常绿：常绿(0)/落叶（1） Everygreen：Everygreen (0)/Deciduous (1)	T
18	叶质：革质(0)/纸质（1） Quality of leaf：Coriaceous (0)/Papyraceous (1)	T
19	叶厚度：适中(0)/薄（1） Thickness of leaf：Middle (0)/Thin (1)	T
20	侧脉下凹：是(0)/否（1） Impressed lateral veins：Yes (0)/No (1)	T
21	叶缘反卷：是(0)/否（1） Revolute leaf margin：Yes (0)/No (1)	T
22	花序梗着生位置：叶腋为主(0)/叶腋、非叶腋均有(1)/非叶腋为主（2） Position of peduncle：Leaf axil is main (0)/Both in leaf axil and branchlet (1)/Branchlet is main (2)	M
23	花 4/5 数：4(0)/5（1） Number of petal：4 (0)/5 (1)	T
24	花冠颜色：白绿色(0)/红色（1） Petal colour：Greenish-white (0)/Red (1)	T
25	果有纵棱和白斑：是(0)/否（1） Capsule with longitudinally angular and hickie：Yes (0)/No (1)	T
26	果具刺：是(0)/否（1） Capsule with prick：Yes (0)/No (1)	T
27	果刺疏密：密(0)/疏(1)/无（2） Density of prick：Dense (0)/Sparse (1)/Unarmed (2)	M
28	假种皮颜色：橙黄色(0)/肉红色（1） Colour of aril：Orange (0)/Red (1)	T
29	花丝长：>1.5 mm (0)/0.5-1.5mm (1)/<0.5 mm (2) Length of filament：>1.5 mm (0)/0.5-1.5 mm (1)/<0.5mm (2)	M
30	柱头长：>1 mm (0)/<1 mm (1)Length of stigma：>1 mm (0)/<1 mm (1)	T

*“Q” 为数量性状；“T” 为二态性状；“M” 为多态性状

*“Q” refers to as quantitative characters；“T” refers to as two-states characters；“M” refers to as multistates characters

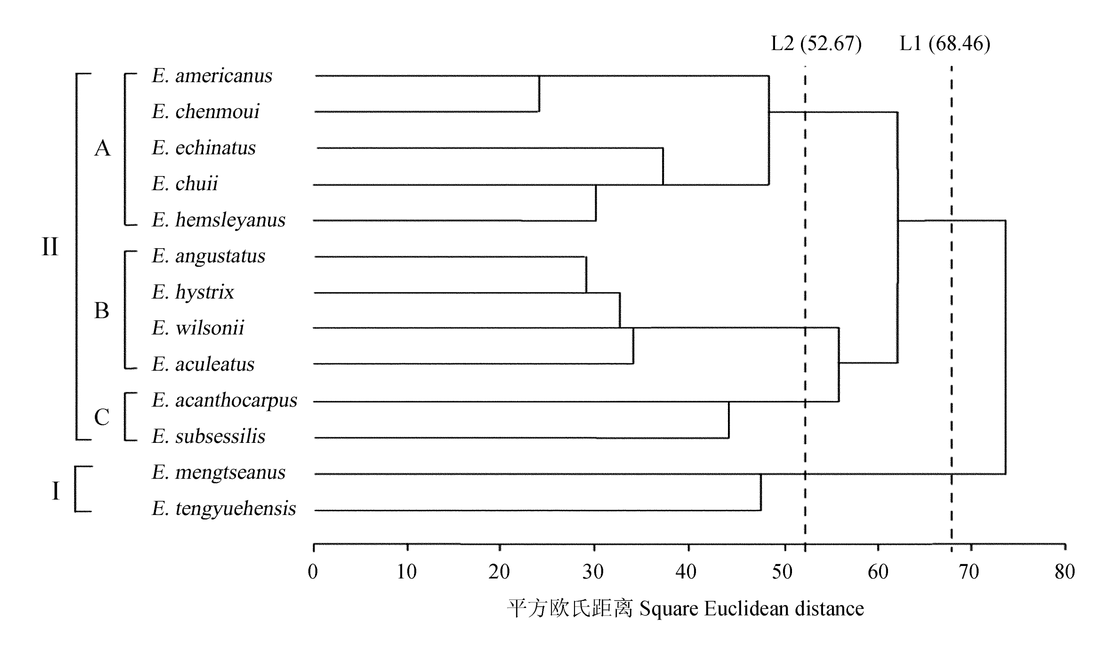


图2 欧氏距离聚类分析图

Fig. 2 Clustering dendrogram with coefficient of Euclidean distance

从聚类图中可以看出，美国卫矛和陈谋卫矛首先进行了聚合，距离系数为24.81（附表2），说明二者的亲缘关系较近，从性状的原始数据表中可以看出，二者的共同特征是叶常绿，薄纸质，叶长较短（<50 mm），叶侧脉数较少（<5），花序梗较短（<18 mm），花序分支数通常只有1次，但美国卫矛花5数，果实带刺的长度较大（16.74 mm），陈谋卫矛花4数，果实带刺的长度较短（10 mm），因此二者还是有明显的不同。

厚叶卫矛和紫刺卫矛在聚类图中分别属于A类和B类，从性状的原始数据表中可以看出，二者在叶尖角度（79.80、28.92，二者分别表示前者与后者性状平均值，见附表1，下同）、叶长（61.50、98.72）、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比（2.07、2.57）、叶长与叶侧脉数的比（11.18、21.15）、侧脉与主脉的夹角（34.33、47.43）、花序梗长（16.78、41.29）、花序分支数（2.00、4.65）、果实带刺的长度（11.43、17.44）、果实刺长（2.50、6.14）性状上有明显的差异。

棘刺卫矛和无柄卫矛在聚类图中分别属于A类和C类，从性状的原始数据表中可以看出，二者在叶长（46.65、67.98）、叶柄长（3.05、1.22）、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比（2.48、2.19）、侧脉与主脉的夹角（55.08、44.31）、花序梗长（13.75、23.45）、花序梗着生位置（叶腋为主、叶腋与非叶腋均有）、花丝长（<0.5 mm、>2 mm）、柱头长（<0.5 mm、>1.5 mm）上有明显差异。

刺猬卫矛和蒙自卫矛在聚类图中分别属于Ⅱ类和Ⅰ类，从性状的原始数据表中可以看出，二者在习性（藤本状灌木、直立灌木）、叶质（厚纸质、革质）、叶尖角度（46.67、22.50）、叶基角度（129.17、82.50）、叶长（105.94、95.00）、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比（2.07、1.89）、侧脉与主脉的夹角（46.42、55.30）、花序分支数（3.89、2.00）、花4或5数（4数、5数）、花冠颜色（白绿色、红色）、果是否具刺（是、否）上具有明显差异。

刺果卫矛和腾冲卫矛在聚类图中分别属于Ⅱ类和Ⅰ类，从性状的原始数据表中可以看出，二者在习性（藤本状灌木、直立灌木）、叶长（110.80、93.05）、叶柄长（13.46、7.27）、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比（1.99、2.35）、花序梗长（58.74、19.03）、花丝长（>1.5 mm、<1 mm）、柱头长（>1 mm、<1 mm）、果是否具刺（是、

否）上具有明显差异。

由于以上差异是通过对比性状平均值得出的，因此不能反映出居群间的关系，需要进一步对居群的性状数据作统计（各性状的原始数据见附录Ⅲ），通过方差分析研究居群间性状的差异性，得到更准确的分类结果。

2.2　方差分析的结果

方差分析的结果见表 3，厚叶卫矛和紫刺卫矛在叶尖角度、叶长、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比、叶长与叶侧脉数的比、侧脉与主脉的夹角、花序梗长、花序分支数、果实带刺的长度、果实刺长上的 P 值均小于 0.01，具有极显著差异性；棘刺卫矛和无柄卫矛在叶长、叶柄长、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比、侧脉与主脉的夹角、花序梗长、花丝长、柱头长上的 P 值均小于 0.01，具有极显著差异性；刺猬卫矛和蒙自卫矛在叶尖角度、叶基角度、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比、侧脉与主脉的夹角、花序分支数上的 P 值均小于 0.01，具有极显著差异性，在叶长上的 P 值小于 0.05，具有显著差异性；刺果卫矛和腾冲卫矛在叶长、叶柄长、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比、花序梗长、花丝长、柱头长上的 P 值均小于 0.01，具有极显著差异性。

2.3　因子分析的结果

在得到的初始因子中，有 9 个因子的特征值大于 1，这 9 个因子的累积贡献率达到 94.41%（表4），将这 9 个因子提取出来，提取后因子在分析中仅丢失很少一部分信息。为了更好的对因子进行解释，对因子进行最大方差法正交旋转，旋转后因子的特征值、贡献率发生变化，累积贡献率不变（表4）。（因子分析是主成分分析的一部分，在本实验中，旋转后因子的前 3 个主成分分别占信息量的 20.06%、15.12%、11.90%，累积贡献率只占信息量的 47.07%，因此对本实验进行主成分分析将损失很大的信息量，因此本实验未对数据进行主成分分析，而且本实验数据量较少，通过之前的聚类分析也能够取得较好的聚类结果。）

旋转后的因子载荷矩阵见附表 3，表中数值的绝对值表示因子与性状的相关程度，绝对值越大，因子与性状的相关程度越高。在第一因子中，叶长（0.90）、叶长与叶侧脉数的比（0.94）、花序分支数（0.91）、果实带刺的长度（0.81）、花序梗着生位置（0.75）的负载值绝对值都在 0.7 以上，这些性状的信息负荷量较大，是本组分类中的重要区分性状；同样，在第二因子中有习性（0.94）、果有纵棱和白斑（−0.84）、果具

表 3　单因素方差分析的结果

Table 3　Result of One-way Anova

性状 Character	P1 *	P2 *	P3 *	P4 *
叶尖角度 Angle of leaf apex/°	0.000		0.000	
叶基角度 Angle of leaf base/°			0.001	
叶长 Length of leaf/mm	0.000	0.000	0.045	0.001
叶柄长 Length of petiole/mm		0.000		0.000
叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比 Length of “ae” /length of “de”	0.000	0.003	0.005	0.000
叶长与叶侧脉数的比 Length of “af”/number of lateral veins	0.000			
侧脉与主脉的夹角 Angle between lateral vein and midrib/°	0.000	0.001	0.001	
花序梗长 Length of peduncle/mm	0.000	0		0.000
花序分支数 Number of inflorescence branch	0.000		0.000	
花丝长 Length of filament/mm		0.000		0.000
柱头长 Length of stigma/mm		0.000		0.000
果实带刺的长度 Length of capsule/mm (including prick)	0.010			
果实刺长 Length of prick/mm	0.000			

* P1：厚叶卫矛与紫刺卫矛；P2：棘刺卫矛与无柄卫矛；P3：刺猬卫矛与蒙自卫矛；P4：刺果卫矛与腾冲卫矛

* P1: *E. hemsleyanus* and *E. angustatus*; P2: *E. echinatus* and *E. subsessilis*; P3: *E. hystrix* and *E. mengtseanus*; P4: *E. acanthocarpus* and *E. tengyuehensis*

表4 前9个因子的特征值、贡献率及累计贡献率

Table 4 Eigenvalue, percentage and cumulative of first nine factors of section *Echinococcus*

因子 Factor	提取后的因子 Extracted factor			旋转后的因子 Rotated factor		
	特征值 Eigenvalue	贡献率 Percentage/%	累积贡献率 Cumulative/%	特征值 Eigenvalue	贡献率 Percentage/%	累积贡献率 Cumulative/%
1	7.04	23.47	23.47	6.02	20.06	20.06
2	5.79	19.31	42.78	4.53	15.12	35.18
3	4.28	14.27	57.05	3.57	11.90	47.07
4	2.91	9.71	66.77	2.99	9.98	57.05
5	2.33	7.76	74.52	2.54	8.45	65.51
6	1.78	5.92	80.44	2.47	8.24	73.75
7	1.73	5.77	86.21	2.27	7.58	81.33
8	1.45	4.83	91.04	2.08	6.94	88.27
9	1.01	3.37	94.41	1.84	6.14	94.41

刺（0.94）、果刺疏密（0.89）；第三因子中有花丝长（0.94）、柱头长（0.96）；第四因子中有假种皮颜色（0.79）；第五因子中有侧脉与主脉的夹角（0.93）、花直径与一侧花冠长度的比（0.73）；第六因子中有花4或5数（0.80）；第七因子中有叶厚度（0.86）；第八因子中有侧脉下凹（-0.92）；第九因子中有叶缘反卷（0.87）。这18个性状都是本组中重要的分类性状。

3 讨论

3.1 本组组下等级的划分及一些系统位置有争议物种

Blakelock（1951）在对卫矛属进行专著性修订时，依据叶的常绿或落叶习性以及花4或5数将本组划分为两个系，分别是ser. *Tuberculati*（Loes.）Blakel. 和ser. *Echinati*（Loes.）Blakel.，其中美国卫矛被放在了ser. *Tuberculati*（Loes.）Blakel. 里，而在本实验的聚类结果中，美国卫矛与陈谋卫矛最先聚合在一起，说明二者的亲缘关系较近，除了在花4或5数、果实带刺的长度不同外，二者在叶常绿、叶质、叶长、叶侧脉数、花序梗长度、花序分支数等性状上均具有较高的一致性，因此本研究不支持Blakelock的观点。

厚叶卫矛和星刺卫矛在Blakelock（1951）的修订和《中国植物志》（诚静容和黄普华，1999）中作为独立的种，Ma（2001）将厚叶卫矛并入星刺卫矛中，从本研究的聚类结果看，二者的亲缘关系较远，厚叶卫矛属于A类，星刺卫矛属于B类，方差分析结果显示，二者在叶尖角度、叶长、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比、叶长与叶侧脉数的比、侧脉与主脉的夹角、花序梗长、花序分支数、果实带刺的长度、果实刺长上有极显著的差异，从地理分布上看，厚叶卫矛分布在四川南部及云南东南部，紫刺卫矛分布在湖南、广东、香港地区，二者在地理上有明显的隔离，因此，从形态和地理上看，二者应作为独立的种，师丽花等（2008）在对刺果卫矛组的种皮扫描研究中发现，厚叶卫矛的种皮为负网纹型，星刺卫矛的种皮为嚼烂型，也支持二者为独立的种。

无柄卫矛和棘刺卫矛在Blakelock（1951）的修订和《中国植物志》（诚静容和黄普华，1999）中作为独立的种，Ma（2001）将无柄卫矛并入棘刺卫矛，从本研究的聚类结果看，二者的亲缘关系较远，棘刺卫矛属于A类，无柄卫矛属于C类，方差分析结果显示，二者在叶长、叶柄长、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比、侧脉与主脉的夹角、花序梗长、花序梗着生位置、花丝长、柱头长上有极显著差异，在地理上，无柄卫矛分布的地域较广，包括浙江、江西、安徽、湖北、湖南、四川、云南、贵州、广西、广东、福建，棘刺卫矛主要分布于我国西部的云南、贵州、西藏南部以及尼泊尔、锡金、印度北部（诚静容和黄普华，1999），二者在云南、贵州有交叉分布，由于二者在云南、贵州的标本数量较少，在交叉分布地域是否存在具过渡型性状的居群，还不是十分清楚，因此二者的系统关系还有待进一步研究。

Sprague（1908）发表蒙自卫矛时只有花的标本，缺乏果实信息，因此，给该种的系统位置带来混乱，Blakelock（1951）将其放在二室药组（sect. *Biloculares* Rouy et Fouc.），《中国植物志》(诚静容和黄普华，1999）将其放入刺果卫矛组，Ma（2001）将此种并入刺猬卫矛。从本研究的聚类结果看，二者的亲缘关系较远，刺猬卫矛属于Ⅱ类，蒙自卫矛属于Ⅰ类，方差分析结果进一步显示，二者在习性、叶质、叶尖角度、叶基角度、叶长、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比、侧脉与主脉的夹角、花序分支数、花 4 或 5 数、花冠颜色上具有显著差异。除此之外，在果是否具刺的问题上，作者 2011 年 6 月在云南文山老君山有幸采到了此种（标本引证见附录Ⅱ），观察到正在发育的果实，果实上并没有形成刺状突起，而是呈 5 个棱状突起，充分证明该种不具有刺果卫矛组的特征，应排除出刺果卫矛组，至于本种具体的系统位置，还有待进一步研究。

Blakelock（1951）和《中国植物志》(诚静容和黄普华，1999）将腾冲卫矛放在冬青组（sect. *Ilicifolia* Nakai）中，Ma（2001）将此种并入刺果卫矛，但腾冲卫矛果实无刺的特点很明显不符合刺果卫矛组的特点，从本研究的聚类结果看，二者的亲缘关系较远，刺果卫矛属于Ⅱ类，腾冲卫矛属于Ⅰ类，方差分析结果进一步显示，二者在习性、叶长、叶柄长、叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比、花序梗长、花丝长、柱头长上具有极显著差异，因此不支持将腾冲卫矛并入刺果卫矛组中。李艳等（2008）在对卫矛属冬青卫矛组的种皮扫描研究中发现，腾冲卫矛种皮纹饰的网眼内部下陷，细胞界限不明显，刺果卫矛种皮纹饰的网眼平滑不下陷，细胞界限清晰，支持二者应为独立的种。

3.2　本组中较重要的分类性状

为使聚类结果更加客观、准确，在性状选取时采用了如下原则：性状数量尽可能多、尽量避免重复性状、性状尽量数量化，这样能确保性状间较强的独立性。因此，在因子分析中，有 9 个因子的特征值大于 1，使得降维效果并不显著。在与因子相关程度较高的 18 个性状中，主要可分为 6 大类，分别是习性、叶形态（叶长、叶长与叶侧脉数的比、侧脉与主脉的夹角、叶厚度、侧脉下凹、叶缘反卷)、花序梗形态（花序梗着生位置、花序分支数)、花形态（花直径与一侧花冠长度的比、花 4 或 5 数、花丝长、柱头长)、果及果刺形态（果实带刺的长度、果有纵棱和白斑、果具刺、果刺疏密)、假种皮形态（假种皮颜色)，这些性状在本组的分类中有着重要的意义，可作为区分种的特征性状。同样，在整个卫矛属的分类研究中，也必须综合考虑植物的各个性状特征，才能得到更准确的分类结果。

3.3　数量分类学在卫矛属分类研究中的意义

数量分类学具有客观化、数量化的特点，能综合大量形态信息，对所有分类性状进行平权处理，因此分类结果具有一定的可靠性、客观性（徐克学，1999)。本文通过数量分类学对卫矛属刺果卫矛组进行了聚类分析和因子分析，并结合方差分析对本组组下等级的划分及一些系统位置有争议的物种进行了探讨，并对性状进行了分析，同时对以后在卫矛属其他组中的运用有着重要的参考价值，也为数量分类学在整个卫矛属中运用做基础。但形态学方法存在提供信息量不足的问题，或易受环境和人为因素的影响，某些分类标准只能人为决定，不同的人可以有不同的标准，这样就否认了物种存在的客观性，要合理地解决这一问题，不但要用不同的标准（形态学、遗传学、生态学和生物地理学标准)，而且还要从不同水平（形态学、细胞学、化学和分子生物学水平）进行分类鉴别，主要是运用分子生物学方法对卫矛属植物基因组测序和 DNA 分子标记技术，以进一步开展卫矛属的分子系统学研究，为上述问题和观点提供直接证据，这也是卫矛属分类鉴别发展的必然趋势。

致谢　北京林业大学生物科学与技术学院谢磊老师在文章修改过程中给予的指导；中国科学院植物研究所杜玉芬老师在标本查阅过程中给予支持；云南省文山县老君山国家级自然保护区在野外考察中给予支持。

〔参　考　文　献〕

诚静容，黄普华，1999. 中国植物志，第45 卷第3 分册［M]. 北京：科学出版社，1—86

陈书坤, 王红, 2006. 云南植物志, 第16卷［M］. 北京: 科学出版社, 215—250
傅书遐, 2002. 湖北植物志, 第2卷［M］. 武汉: 科学技术出版社, 412—428
何晓群, 2008. 多元统计分析（第2版）［M］. 北京: 中国人民大学出版社
李永康, 1986. 贵州植物志, 第2卷［M］. 贵阳: 贵州人民出版社, 384—414
裘宝林, 1993. 浙江植物志, 第4卷［M］. 杭州: 浙江科学技术出版社, 23—35
吴德邻, 2007. 广东植物志, 第8卷［M］. 广州: 广东科学技术出版社, 50—60
吴征镒, 1986. 西藏植物志, 第3卷［M］. 北京: 科学出版社, 118—131
吴晓春, 罗传文, 田兴军, 1991. 卫矛科植物种子表皮细胞几何形态在数值分类上的应用［J］. 林业科技, **16**（1）: 12—14
徐克学, 1994. 数量分类学［M］. 北京: 科学出版社
徐克学, 1999. 生物数学［M］. 北京: 科学出版社
张泽荣, 1988. 四川植物志, 第4卷［M］. 成都: 四川科学技术出版社, 247—319
钟扬, 陈家宽, 黄德世, 1989. 数量分类的方法与程序［M］. 武汉: 武汉大学出版社
Blakelock RA, 1951. A synopsis of the genus *Euonymus* L.［J］. *Kew Bulletin*, **6**（2）: 210—290
Chen SL（陈守良）, Xu KX（徐克学）, Sheng GY（盛国英）, 1983. On the numerical classification and determination of taxa of Chinese bamboos with leptomorph rhizomes［J］. *Acta Phytotaxonomica Sinica*（植物分类学报）, **21**（2）: 113—120
Dai SL（戴思兰）, Zhong Y（钟扬）, Zhang XY（张晓艳）, 1995. Study on numerical taxonomy of some Chinese species of *Dedranthema*（DC）Des Moul.［J］. *Journal of Beijing Forestry University*（北京林业大学学报）, **17**（4）: 9—15
He ZC（何子灿）, Zhong Y（钟扬）, Liu HT（刘洪涛）, 2000. Quantitative taxonomic analyses of *Actinidia*（Actinidiaceae）in China based on micromorphological characters of foliar trichomes［J］. *Acta Phytotaxonomica Sinica*（植物分类学报）, **38**（2）: 121—136
Li XD（李晓东）, Zan YY（昝艳燕）, Li JQ（李建强）*et al.*, 2008. A numerical taxonomy of the genera *Rehmannia* and *Triaenophora*［J］. *Acta Phytotaxonomica Sinica*（植物分类学报）, **46**（5）: 730—737
Li Y（李艳）, Liu QR（刘全儒）, Chen XB（陈旭波）, 2008. Micromorphological characters of seed coat and aril of *Euonymus* Sect. *Ilicifolia* Nakai from China［J］. *Journal of Wuhan Botanical Research*（武汉植物学研究）, **26**（4）: 350—356
Liu LY（刘凌燕）, Zhang ML（张明理）, Li JQ（李建强）*et al*, 2008. A numerical taxonomic study of the genus *Cyclobalanopsis* Oersted from China［J］. *Journal of Wuhan Botanical Research*（武汉植物学研究）, **26**（5）: 466—475
Ma JS, 2001. A revision of *Euonymus*（Celastraceae）［J］. *Thaiszia Journal of Botany*, **11**（1-2）: 1—264
Peng YS（彭焱松）, Chen L（陈丽）, Li JQ（李建强）, 2007. Study on numerical taxonomy of *Quercus* L.（Fagaceae）in China［J］. *Journal of Wuhan Botanical Research*（武汉植物学研究）, **25**（2）: 149—157
Shi LH（师丽花）, Li Y（李艳）, Liu QR（刘全儒）, 2008. Micromorphological characteristics of seed coat in the genus *Euonymus* of China［J］. *Journal of Beijing Normal University*（Natural Science）（北京师范大学学报）（自然科学版）, **44**（2）: 193—197
Sprague TA, 1908. The prickly-fruited species of *Euonymus*［J］. *Bulletin of Miscellaneous Information*, **1908**（1）: 29—36
Xiong ZY（熊治廷）, Chen XQ（陈新启）, Hong DY（洪德元）, 1997. Numerical taxonomic studies of *Hemerocallis*（Liliaceae）from China［J］. *Acta Phytotaxonomica Sinica*（植物分类学报）, **35**（4）: 311—316
Zhang JB（张景博）, Li XD（李晓东）, Li JQ（李建强）, 2010. A numerical taxonomic study of the *Carex* section *Racemosae*（Cyperaceae）in China［J］. *Journal of Wuhan Botanical Research*（武汉植物学研究）, **28**（3）: 279—285
Zhang YF（张益锋）, He P（何平）, Zhang CP（张春平）*et al.*, 2009. Leaf epidermal features of 21 medicinal plants of *Euonymus* in China［J］. *China Journal of Chinese Materia Medica*（中国中药杂志）, **34**（12）: 1493—1497

附录Ⅰ 凭证标本

Appendix Ⅰ Voucher specimen

E. acanthocarpus Franch: China. Shaanxi（陕西）: Yangxian（洋县）, P. C. Tsoong & T. N. Liou 3862（PE）, Anhui（安徽）: Huangshan(黄山), Z. G. Mao（毛宗国）10605（PE）, Zhengjiang（浙江）: Longquan（龙泉）, S. R. Zhang 3914（PE）, Z. G. Mao（毛宗国）10605（PE）, Zhengjiang（浙江）: Longquan（龙泉）, S. R. Zhang 04196（PE）, Jiangxi（江西）: Jingan（靖安）, S. K. Lai（赖书坤）& D. F. Huang（黄大付）1399（PE）, Jiangxi（江西）: Yanshan（铅山）, C. P. Jian *et al*.（简焯坡等）401310（PE）, Hunan（湖南）: Sangzhi（桑植）, Beijing Team（北京队）3827（PE）, Hunan（湖南）: Wugang（武冈）, L. H. Liu（刘林翰）& G. Z. He（何观州）16017（PE）, Hubei（湖北）: Hefeng（鹤峰）, Y. M. Wang（王映明）6076（PE）, Sichuan（四川）: Baoxing（宝兴）, X. S. Zhang（张秀实）& Y. X. Ren（任有铣）07366（PE）, Sichuan（四川）: Ebian（峨边）, Z. R. Yao（姚仲吾）2987（PE）, Chongqing（重庆）: Nanchuan（南川）, G. F. Li（李国凤）63380（PE）, Chongqing（重庆）: Nanchuan（南川）, G. F. Li（李国凤）64354（PE）, Guizhou（贵州）: Yin-

jiang（印江），B. Bartholomew *et al*. 1796（PE），Guizhou（贵州）：Bijie（毕节），P. H. Yu（禹平华）759（PE），Guangxi（广西）：Quanzhou（全州），J. X. Zhong（钟济新）81970（PE），Yunnan（云南）：Deqin（德钦），Kunming Workstation（昆明工作站）23851（PE），Hubei（湖北）：Enshi（恩施），H. J. Li（李洪钧）8714（PE），Yunnan（云南）：Lijiang（丽江），G. M. Feng（冯国楣）21615（KUN），Yunnan（云南）：Deqin（德钦），G. M. Feng（冯国楣）23594（KUN），Guangxi（广西）：Rongshui（融水），S. Q. Chen（陈少卿）17118（KUN），Guizhou（贵州）：Bijie（毕节），P. H. Yu（禹平华）759（KUN），Sichuan（四川）：Beichuan（北川），C. L. Tang *et al*.（唐昌林等）318（CDBI），Chongqing（重庆）：Nanchuan（南川），G. F. Li（李国凤）63408（SZ），Chongqing（重庆）：Nanchuan（南川），J. H. Xiong（熊济华）& G. F. Li（李国凤）93568（SZ），Chongqing（重庆）：Nanchuan（南川），J. H. Xiong（熊济华）& G. F. Li（李国凤）92423（SZ）.

E. aculeatus Hemsl：China. Hunan（湖南）：Yuanling（沅陵），G. C. Zhang *et al*.（张桂才等）488（PE），Hunan（湖南）：Baojing（保靖），L. H. Liu（刘林翰）09936（PE），Sichuan（四川）：Junlian（筠连），Sichuan Economic Plants（川经植）0264（PE），Chongqing（重庆）：Chengkou（城口），T. L. Dai(戴天伦）106116（PE），Hubei（湖北）：Xuanen（宣恩），H. J. Li（李洪钧）2498（PE），Chongqing（重庆）：Chengkou（城口），T. L. Dai（戴天伦）106278（PE），Chongqing（重庆）：Fengjie(奉节），M. Y. Fang（方明渊）24569（PE），Chongqing（重庆）：Fengjie（奉节），H. F. Zhou（周洪富）& H. Y. Su（粟和毅）111005（PE），Guizhou（贵州）：Qingzhen（清镇），Sichuan and Guizhou Team（川黔队）1775（PE），Chongqing（重庆）：Fengjie（奉节），M. Y. Fang（方明渊）24569（KUN），Guizhou（贵州）：Shiqian（石阡），Wulingshan Team（武陵山考察队）2333（KUN），Chongqing（重庆）：Chengkou（城口），T. L. Dai（戴天伦）106278（CDBI），Chongqing（重庆）：Chengkou（城口），T. L. Dai（戴天伦）106116（CDBI），Chongqing（重庆）：Fengjie（奉节），H. F. Zhou（周洪富）& H. Y. Su（粟和毅）111005（SZ），Chongqing（重庆）：Fengjie（奉节），H. F. Zhou（周洪富）& H. Y. Su（粟和毅）108538（SZ），Chongqing（重庆）：Chengkou（城口），T. L. Dai（戴天伦）106116（SZ）.

E. americanus L.：USA. Arkansas，W. Hess 6891（PE），Arkansas：Polk，E. W. Wood *et al*. 4922（PE），North Carolina Orange，D. E. Boufford 30205（PE），North Carolina Orange，D. E. Boufford 12282（PE），Arkansas：Polk，E. W. Wood *et al*. 4922（PE），Arkansas：Scott，E. W. Wood *et al*. 4949（PE），Virginia：Fairfax，F. R. Fosberg 18338（PE），Marylang：Cecil，F. R. Fosberg 17455（PE），Georgia：Clay，F. H. Utech 83-378（PE），North Carolina：Craven，E. W. Wood *et al*. 4299（PE），North Carolina Clay，J. Solomon 1828（PE），Alabama：Clay，W. Hess 5805（PE），Alabama：Franklin，Ken Landers Ross 8155F（PE），Alabama：Cauhoun，Ross C. Clark 8539B（PE），Alabama：Etowah，T. A. Heard Ross 8577E（PE），Florida：Gadsden，D. E. Boufford 9170（PE），Georgia：Murray，E. W. Wood 4119（PE）.

E. angustatus Sprague：China. Hunan（湖南）：Hongjiang（洪江），Anonymus 24（PE），Hunan（湖南）：Hongjiang（洪江），Z. T. Li（李泽棠）s. n.（PE），Hunan（湖南）：Xuefengshan（雪峰山），Z. T. Li（李泽棠）2730（PE），Hunan（湖南）：Yizhang（宜章），B. Q. Zhong（钟補勤）643（PE），Hunan（湖南）：Hongjiang（洪江），Z. T. Li（李泽棠）2117（PE），Hunan（湖南）：Hongjiang（洪江），Anjiang Aggie（安江农校）1156（PE），Hunan（湖南）：Xuefengshan（雪峰山），Z. T. Li（李泽棠）1998（PE），Hunan（湖南）：Yongzhou（永州），S. Q. Chen（陈少卿）608（PE），Guangxi（广西），Z. Huang（黄志）40623（PE），Guangdong（广东），Lechang（乐昌），Q. Chen（陈劬）42993（PE），Hongkong（香港），New Territories，Shiu Ying Hu 8778（PE），Hongkong（香港），Ng Tung Choe，Shiu Ying Hu 12726（PE），Hongkong（香港），Ma On Shan，N. H. Li 308（PE），Hunan（湖南）：Sangzhi（桑植），Anomymous 84108（KUN 2 sheets）.

E. chenmoui Cheng：China. Anhui（安徽）：Huangshan（黄山），M. J. Wang（王名金）3853（PE），Anhui（安徽）：Huangshan（黄山），Y. Zou（邹垣）01608（PE 2 sheets），Anhui（安徽）：Huangshan（黄山），Anomymous 3471（PE），Anhui（安徽）：Huangshan（黄山），X. Zhou（周许）& C. Pan（潘程）450（PE），Anhui（安徽）：Huangshan（黄山），Y. N. Li（李研南）& H. Wang（王欢）26（BJFC），Anhui（安徽）：Huangshan（黄山），Y. N. Li（李研南）& H. Wang（王欢）28（BJFC），Anhui（安徽）：Huangshan（黄山），Y. N. Li（李研南）& H. Wang（王欢）29（BJFC），Anhui（安徽）：Huangshan（黄山），Y. N. Li（李研南）& H. Wang（王欢）32（BJFC），Zhejiang（浙江）：Longtangshan（龙塘山），H. Wang(王欢）WH1（BJFC）.

E. chuii Hand. -Mazz：China. Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），G. H. Yang（杨光辉）55146（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），D. H. Du（杜大华）243（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），K. J. Guan *et al*.（关克俭等）1429（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），J. H. Xiong *et al*.（熊济华等）32335（PE），Sichuan（四川）：Baoxing（宝兴），X. S. Zhang（张秀实）& Y. X. Ren（任有铣）05102（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），J. H. Xiong *et al*.（熊济华等）32394（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），G. H. Yang（杨光辉）56680（PE），Sichuan

(四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 55414 (PE), Sichuan (四川): Ganluo (甘洛), Sichuan Economic Plants (川经植) 4345 (PE), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 57473 (PE), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 55146 (PE), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), T. H. Tu725 (PE), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 56680 (KUN), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 55498 (KUN), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 55414 (KUN), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 55146 (KUN), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 55541 (KUN), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 57473 (KUN), Sichuan (四川): Tianquan (天全), Erlangshan Team (二郎山组) 0409 (CDBI), Sichuan (四川): Tianquan (天全), Erlangshan Team (二郎山组) 0423 (CDBI), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 56680 (SZ), Sichuan (四川): Pingwu (平武), X. J. He *et al*. (何兴金等) 146074 (SZ), Sichuan (四川): Pingwu (平武), X. J. He *et al*. (何兴金等) 153724 (SZ), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 55414 (SZ).

E. echinatus Wall. ex Roxb: China. Yunnan (云南): Dali (大理), S. E. Liu (刘慎谔) 017945 (PE), Xizang (西藏): Chayu (察隅), Z. C. Ni *et al*. (倪志诚) 0747 (PE), Xizang (西藏): Dingjie (定结), Qingzang Team (青藏队) 5615 (PE), Xizang (西藏): Nielamu(聂拉木), Xizang Team (西藏队) 1422 (PE), Xizang (西藏): Nielamu (聂拉木), Y. T. Zhang (张永田) & K. Y. Lang (郎楷永) 3447 (PE), Xizang (西藏): Nielamu (聂拉木), Y. T. Zhang (张永田) & K. Y. Lang (郎楷永) 3365 (PE), Yunnan (云南): Gongshan (贡山), Dulongjiang Team (独龙江考察队) 4854 (PE), Nepal. Koshi Zone: Sankhuwasabha, S. Noshiro *et al*. 9840051 (KATH), Eastern Nepal: N. of Chainpur, J. D. A. Stainton 121 (KATH), Koshi Zone: Sankhuwasabha, M. Suzuki 40179 (KATH), Gosainkuno J. D. A. Stainton 3793 (KATH), Ghodepani: Kashi, K. R. Rajbhandari 7691 (KATH), Ghandruk: Kashi, K. R. Rajbhandari 7525 (KATH), Naina Polunin, Sykes & Williams 3859 (KATH), Siklis, Stainton, Sykes & Williams 4967 (KATH), Kawa: Khata Dana, Polunin, Sykes & Williams 863 (KATH), Lammela, Stainton, Sykes & Williams 2718 (KATH), Taksindhu, D. Mocosh 62 (KATH), Bagmati Zone, Kathmandu, D. H. Nicolson 3345 (KATH), Ganesh Himal, J. D. A. Stainton 3675 (KATH), Bongakhani, Stainton, Sykes & Williams 2695 (KATH), Dagun, J. D. A. Stainton 4896 (KATH), Phuoha, Pulunin, Sykes & Williams 4156 (KATH), Mechi Zone: Taplejung, M. Suzuki *et al*. 9261013 (KATH), Siklis, Stainton, Sykes & Williams 4967 (KATH).

E. hemsleyanus Loes: China. Yunnan (云南): Yuanjiang (元江), G. D. Tao (陶国达) 38059 (KUN), Yunnan (云南): Yuanjiang (元江), G. D. Tao (陶国达) 38514 (KUN 2 sheets), Yunnan (云南): Yuanjiang (元江), G. D. Tao (陶国达) 38706 (KUN), Yunnan (云南): Mengzi (蒙自), Q. W. Wang (王启无) 81674 (KUN 2 sheets).

E. hystrix W. W. Smith: China. Yunnan (云南), George Forrest 24443 (PE), Yunnan(云南), H. T. Tsai 55997 (PE), Yunnan (云南), G. Forrest 29497 (PE), Yunnan (云南): Tengchong (腾冲), Z. M. Gu (顾哲明) 84-049 (PE), Yunnan (云南): Xichou, K. M. Feng 12134 (PE), Yunnan (云南): Pingbian (屏边), H. T. Tsai 60567 (PE), Yunnan(云南): Pingbian (屏边), H. T. Tsai 60762 (PE), Yunnan (云南), Anomymous 0302 (KUN), Yunnan (云南): Tengchong (腾冲), W. Q. Yin (尹文清) 60-1291 (KUN 2 sheets), Yunnan (云南), Anomymous 55997 (KUN 2 sheets), Yunnan (云南), X. T. Cai (蔡希陶) 60762 (KUN), Yunnan (云南): Pingbian (屏边), Q. W. Wang (王启无) 82613 (KUN), Yunnan (云南): Pingbian (屏边), H. T. Tsai 60567 (KUN), Yunnan (云南): Xichou (西畴), T. L. Min *et al*. (闵天禄等) 352 (KUN), Yunnan (云南): Xichou (西畴), Q. W. Wang (王启无) 85335 (KUN).

E. mengtseanus (Loes.) Sprague: China. Yunnan (云南): Malipo (麻栗坡), G. M. Feng (冯国楣) 22643 (KUN 2 sheets), Yunnan (云南): Wenshan (文山), G. M. Feng (冯国楣) 22234 (KUN), Yunnan(云南): Malipo (麻栗坡), G. M. Feng (冯国楣) 22854 (KUN), Yunnan (云南): Wenshan(文山), Y. C. Zheng 54 (BJFC 6 sheets).

E. subsessilis Sprague: China. Gansu (甘肃): Wenxian (文县), Z. Y. Zhang (张志英) 14430 (PE), Jiangxi (江西): Yifeng (宜丰), S. K. Lai *et al*. (赖书坤等) 0478 (PE), Hunan (湖南): Hongjiang (洪江), Anjiang Aggie (安江农校) s. n. (PE), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), Anomymous 220 (PE), Sichuan (四川): Songpan (松潘), Sichuan Economic Plants (川经植) 1733 (PE), Chongqing (重庆): Nanchuan (南川), F. Z. Wang (汪发缵) 10898 (PE), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Yang (杨光辉) 56194 (PE), Guangxi (广西): J. X. Zhong (钟济新) 808611 (PE), Chongqing (重庆): Nanchuan (南川), J. H. Xiong (熊济华) & Z. L. Zhou (周子林) 94061 (KUN), Chongqing (重庆): Nanchuan (南川), G. F. Li (李国凤) 61287 (KUN), Chongqing (重庆): Nanchuan (南川), Anomymous 61390 (KUN), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Li (李国辉) 61310 (KUN), Sichuan (四川): Emeishan (峨眉山), G. H. Li

（李国辉）55925（KUN），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），G. H. Li（李国辉）56194（KUN），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），G. H. Li（李国辉）57193（KUN），Guangxi（广西）：Tianlin（田林），Hongshuihe Team（红水河植物考察队）517（KUN），Guizhou（贵州）：Songtao（松桃），T. P. Zhu（朱太平）& Z. F. Liu（刘忠福）1522（KUN），Jiangxi（江西）：Guixi（贵溪），S. K. Lai（赖书坤）3862（KUN 2 sheets），Jiangxi（江西）：Guixi（贵溪），S. K. Lai（赖书坤）& M. X. Nie（聂敏祥）03862（KUN），Jiangxi（江西）：Yongxin（永新），S. K. Lai（赖书坤）1238（KUN），Yunnan（云南）：Dali（大理）H. C. Wang（王汉臣）2175（KUN），Yunnan（云南）：Dali（大理）H. C. Wang（王汉臣）1645（KUN），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），W. P. Fang（方文培）15344（SZ）.

E. tengyuehensis W. W. Smith：China. Yunnan（云南），George Forrest 26080（PE），Yunnan（云南），George Forrest 11937（PE），Yunnan（云南），George Forrest 29594（PE），George Forrest 29549（PE），Yunnan（云南），George Forrest 30379（PE），Yunnan（云南），Shweli-Salwin George Forrest 24288（PE），Yunnan（云南），Kunming Station（昆明工作站）55314（PE），Yunnan（云南）：Kunming（昆明），S. E. Liu（刘慎谔）16568（PE），Yunnan（云南）：Mengzi（蒙自），S. E. Liu（刘慎谔）018707（PE），Yunnan（云南）：Mengzi（蒙自），S. E. Liu（刘慎谔）018562（PE），Yunnan（云南）：Mengzi（蒙自），S. E. Liu（刘慎谔）018708（PE），Yunnan（云南）：Xichou（西畴），C. P. Jian（简焯坡）757（PE），Yunnan（云南）：Fengqing（凤庆），T. T. Yu 16331（PE），Yunnan（云南）：Fengqing（凤庆），T. T. Yu 16601（PE），Yunnan（云南）：Kunming（昆明），B. Y. Qiu（邱炳云）54387（KUN），Yunnan（云南）：Fumin（富民），B. Y. Qiu（邱炳云）59268（KUN），Yunnan（云南）：Kunming（昆明），B. Y. Qiu（邱炳云）57818（KUN）.

E. wilsonii Sprague：China. Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），G. H. Yang（杨光辉）57190（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），W. P. Fang（方文培）3139（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），D. H. Du（杜大华）416（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），C. S. Qian（钱崇澍）6154（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），S. N. Xu（许绍楠）213（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），K. Y. Yao（姚开元）3379（PE 2 sheets），Sichuan（四川）：Hongya（洪雅），Z. W. Yao（姚仲吾）3908（PE），Sichuan（四川）：Meigu（美姑），Anonymous 13573（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），J. H. Xiong *et al*.（熊济华等）32568（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），J. H. Xiong *et al*.（熊济华等）32842（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），J. H. Xiong *et al*.（熊济华等）32280（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），J. H. Xiong *et al*.（熊济华等）32550（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），J. H. Xiong *et al*.（熊济华等）32190（PE），Sichuan（四川）：Emeishan（峨眉山），W. J. Zheng（郑万钧）6609（PE），Guizhou（贵州）：Xingyi（兴义），Z. S. Zhang（张志松）& Y. T. Zhang（张永田）6492（PE），Guizhou（贵州）：Nayong（纳雍），Bijie Team（毕节队）456（PE），Yunnan（云南）：Pingbian（屏边），H. T. Tsai 62476（PE），Yunnan（云南）：Fengqing（凤庆），T. T. Yu 16743（PE），Yunnan（云南）：Xichou（西畴），K. M. Feng 11951（KUN），Sichuan（四川）：Hongya（洪雅），W. K. Bao（包维楷）1014（CDBI），Sichuan(四川)：Meigu（美姑），Sichuan Team（四川植被组）13572（CDBI）.

附录Ⅱ 蒙自卫矛凭证标本

Appendix Ⅱ Voucher specimen of *E. mengtseanus*

E. mengtseanus（Loes.）Sprague：China. Yunnan（云南）：Wenshan（文山），1 900 m，in forests（林下），Y. C. Zheng（郑彦超）54（BJFC 6 sheets）（北京林业大学森林植物标本室）.

附录Ⅲ 对比性状的原始数据

Appendix Ⅲ Initial data of contrasting characters

厚叶卫矛：叶尖角度：73、75、70、91、90、80；叶长：65、53、59、69、68、55；叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比：1.82、2.08、2.61、1.88、2.16、1.86；叶长与叶侧脉数的比：13.34、11.47、9.83、8.65、11.32、12.46；侧脉与主脉的夹角：41、30、39、38、29、29；花序梗长：16、14、13、18、23；花序分支数：2、2、2、2、2；果实带刺的长度：12、12、10、11；果实刺长：2、2、3、3

紫刺卫矛：叶尖角度：30、45、38、40、25、32、18、10、22、30、32、25；叶长：95、82、74、122、96、91、80、87、108、111、108、124、117、87；叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比：2.38、2.35、2.83、2.82、2.47、2.57、2.26、2.55、2.67、2.76、2.73、2.98、2.43、2.38；叶长与叶侧脉数的比：19.00、16.40、14.80、20.33、19.20、18.20、20.00、21.75、21.60、22.20、27.00、24.80、29.25、21.37；侧脉与

主脉的夹角：47、36、52、47、49、55、45、44、50、54、46、44、49、46；花序梗长：49、41、46、41、36、39、35、39、46；花序分支数：5、4、5、6、5、4、5、5、3；果实带刺的长度：15、16、14、15、15、18、16、24、24；果实刺长：7、8、5、7、6、6、4、6、6

棘刺卫矛：叶长：40、53、48、38、43、46、48、56、73、60、62、33、38、39、36、51、41、45、31、52；叶柄长：4、3、2、3、2、3、3、3、4、3、3、4、5、3、3、3、3、2、2、3；叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比：2.28、2.87、2.42、2.62、2.07、2.16、2.00、3.11、2.24、2.51、2.13、2.75、2.19、2.68、2.93、2.64、2.34、2.63、2.57、2.41；侧脉与主脉的夹角：50、61、40、61、60、50、65、52、53、70、49、40、65；花序梗长：21、13、9、14、21、16、9、15、11、15、11、10；花丝长：0.5、0.5、0.5、0.5、1、0.5、0.5、0.5、0.5、0.5 柱头长：0、0、0、0、0、0、0、0. 5、0、0

无柄卫矛：叶长：58、74、53、69、100、76、63、48、91、86、66、84、68、77、53、61、66、61、54、64、68、62、62；叶柄长：2、2、1、2、1、1、1、2、0、1、1、1、1、1、1、1、2、1、1、1、2、1、1；叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比：2.07、1.72、2.34、2.15、2.21、2.27、2.08、2.33、2.29、2.33、1.86、2.09、2.51、2.90、2.24、2.32、2.20、2.02、1.98、2.00；侧脉与主脉的夹角：42、43、50、42、43、30、50、46、44、50、46、45、49、37、44、48；花序梗长：17、30、27、25、29、21、19、35、30、24、20、18、24、28、31、17、26、18、17、24、16、20；花丝长：2、2、2、2、2.5、2、2、2.5、2、2、2；柱头长：2、1.5、2、1.5、2、1.5、2、1.5、2

刺猬卫矛：叶尖角度：40、45、50、70、40、35；叶基角度：160、80、105、165、145、120；叶长：115、103、96、95、104、89、112、127、134、103、117、93、88、107；叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比：2.27、2.09、2.00、2.10、1.74、2.17、2.10、2.09；侧脉与主脉的夹角：52、50、48、53、47、44、38、45、42、48、44；花序分支数：4、4、4、3、5、4、3、4、4、4

蒙自卫矛：叶尖角度：25、30、18、20、18、24、21、25、19、25；叶基角度：90、71、90、90、76、75、85、78、89、81；叶长：88、85、101、108、103、98、105、86、78、98；叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比：2.03、1.86、1.95、1.89、1.83、1.76、1.95、1.97、1.78、1.83；侧脉与主脉的夹角：55、50、65、55、50、62、57、49、60、50；花序分支数：2、2、2、2、2、2、2、2、2、2

刺果卫矛：叶长：98、114、102、116、103、98、98、87、99、139、97、115、124、141、103、151、102、117、105、121、118、108、105、98；叶柄长：17、13、19、11、10、11、10、10、10、13、10、11、15、18、14、15、17、18、13、13、12、17、15、11；叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比：2.00、2.07、1.96、2.26、2.19、2.02、2.00、2.08、2.13、2.25、1.72、1.76、2.04、1.94、1.98、2.11、1.88、1.73、2.08、1.67；花序梗长：49、58、66、68、37、76、57、53、56、52、73、65、55、53、58、63、61、64、57、54；花丝长：1.5、1.5、1.5、2、2、1.5、1.5、2、1.5、2；柱头长：1、1.5、1.5、1、1.5、1.5、1.5、1.5、1、1、1.5、1.5、1.5、1.5

腾冲卫矛：叶长：107、104、74、73、98、139、80、103、85、80、69、98、96、81、96、99、100；叶柄长：5、7、6、9、8、6、9、8、6、6、7、8、6、7、6、11、9；叶尖到叶基的长度与叶主脉与叶最宽处线段的交点至叶基的距离之比：2.20、2.22、2.66、2.56、2.33、2.51、2.36、2.69、1.91、2.46、2.27、2.06；花序梗长：18、15、23、19、25、15、21、21、17、19、16；花丝长：1、0.5、0.5、0.5、1；柱头长：0.5、0.5、1、0.5、1、0.5、0.5

附表1　性状平均值

Appendix table 1　Average number of character

性状 Character	物种1 Species 1	物种2 Species 2	物种3 Species 3	物种4 Species 4	物种5 Species 5	物种6 Species 6	物种7 Species 7	物种8 Species 8	物种9 Species 9	物种10 Species 10	物种11 Species 11	物种12 Species 12	物种13 Species 13
1	45.19	35.13	42.19	28.92	47.60	50.33	48.00	79.80	46.67	22.50	45.73	36.71	23.15
2	77.57	86.33	102.25	113.83	112.00	122.90	131.75	91.60	129.17	82.50	130.50	93.52	78.35
3	110.80	107.47	50.17	98.72	41.00	72.39	46.65	61.50	105.94	95.00	67.98	93.05	121.44
4	2.55	2.41	2.40	2.27	2.56	2.13	2.38	1.86	2.92	3.07	2.31	2.54	3.11
5	8.23	9.98	37.16	12.97	25.63	25.06	15.30	10.25	16.54	12.67	55.62	12.80	10.91

续附表 1　Continued appendix table 1

性状 Character	物种 1 Species 1	物种 2 Species 2	物种 3 Species 3	物种 4 Species 4	物种 5 Species 5	物种 6 Species 6	物种 7 Species 7	物种 8 Species 8	物种 9 Species 9	物种 10 Species 10	物种 11 Species 11	物种 12 Species 12	物种 13 Species 13
6	1.99	2.15	2.15	2.57	2.71	2.14	2.48	2.07	2.07	1.89	2.19	2.35	2.33
7	6.98	5.26	4.83	4.67	3.80	6.69	5.55	5.50	5.34	5.00	5.58	5.85	6.35
8	15.88	20.42	10.38	21.15	10.79	10.81	8.41	11.18	19.82	19.00	12.19	15.90	19.12
9	42.35	45.83	42.67	47.43	39.22	46.13	55.08	34.33	46.42	55.30	44.31	41.33	44.88
10	58.74	28.58	17.11	41.29	9.00	24.20	13.75	16.78	24.82	27.25	23.45	19.03	40.07
11	2.74	3.11	1.04	4.65	1.00	1.09	1.50	2.00	3.89	2.00	2.11	2.86	3.69
12	6.60	6.00	9.73	9.00	8.00	8.00	7.00	8.00	7.50	9.00	4.00	8.50	5.50
13	2.55	3.00	2.82	3.00	2.67	3.20	3.68	2.67	2.42	3.60	2.40	3.22	2.75
14	12.32	18.69	16.74	17.44	10.00	8.13	10.00	11.43	18.64	13.55	9.58	11.18	18.40
15	1.17	1.35	1.06	1.54	1.11	1.14	1.43	1.28	1.72	1.00	1.12	1.00	1.30
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
17	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
21	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
22	1.00	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
23	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00
28	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
29	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	2.00	2.00
30	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00

附表 2　聚类进程表

Appendix table 2　Schedule of cluster analysis

合并步骤 Stage	群集 1 Cluster 1	群集 2 Cluster 2	距离系数 Coefficient	与下一距离系数的差值 Difference with next coefficient	合并步骤 Stage	群集 1 Cluster 1	群集 2 Cluster 2	距离系数 Coefficient	与下一距离系数的差值 Difference with next coefficient
1	3	5	24.81	4.75	7	1	11	44.65	3.38
2	4	9	29.56	2.23	8	10	12	48.03	1.06
3	6	7	31.79	1.99	9	3	6	49.08	7.18
4	4	13	33.78	1.06	10	1	2	56.26	5.77
5	2	4	34.84	3.22	11	1	3	62.03	12.85
6	6	8	38.06	6.59	12	1	10	74.88	

附表3　旋转后的因子载荷矩阵

Appendix table 3　Rotated factor matrix

性状 Character	因子负荷量 Factor loading								
	第一因子 Fator 1	第二因子 Fator 2	第三因子 Fator 3	第四因子 Fator 4	第五因子 Fator 5	第六因子 Fator 6	第七因子 Fator 7	第八因子 Fator 8	第九因子 Fator 9
1	−0.61	−0.31	0.07	−0.10	−0.54	−0.06	−0.41	−0.05	0.04
2	−0.42	−0.28	0.02	0.48	0.29	−0.49	−0.26	0.18	0.28
3	0.90	0.11	−0.13	−0.26	−0.01	0.04	−0.13	0.20	−0.12
4	0.58	0.23	0.07	0.07	0.18	0.14	0.50	0.45	0.11
5	−0.46	−0.06	−0.46	0.67	0.01	−0.04	0.09	0.19	0.02
6	−0.14	−0.07	0.21	0.08	0.11	−0.69	0.43	−0.38	0.18
7	0.09	−0.01	−0.46	−0.61	−0.09	0.03	−0.21	0.34	−0.04
8	0.94	0.12	0.09	0.01	0.10	0.03	−0.14	0.05	−0.11
9	0.15	0.03	0.06	0.01	0.93	0.05	0.03	0.22	0.01
10	0.69	−0.18	−0.51	−0.39	0.05	0.17	−0.06	−0.09	0.12
11	0.91	−0.05	0.03	−0.04	−0.01	−0.32	−0.21	−0.04	0.02
12	−0.10	0.25	0.57	0.06	0.07	0.42	−0.11	−0.39	0.48
13	−0.22	0.37	0.36	−0.33	0.73	0.08	0.00	−0.11	−0.08
14	0.81	−0.25	0.32	0.24	−0.03	0.17	0.11	−0.04	−0.18
15	0.44	−0.61	0.34	0.08	0.09	−0.40	−0.30	0.06	0.09
16	0.10	0.94	0.12	−0.06	0.17	0.18	−0.04	0.05	0.05
17	−0.36	−0.10	0.17	0.47	−0.23	0.26	0.57	−0.31	0.18
18	−0.08	−0.21	0.33	0.66	−0.31	0.15	0.30	0.01	0.32
19	−0.27	−0.26	0.24	0.05	0.05	−0.08	0.86	−0.05	0.07
20	−0.14	−0.03	0.15	−0.09	−0.19	−0.09	0.06	−0.92	−0.11
21	−0.23	0.12	−0.12	−0.08	−0.07	−0.05	0.12	0.19	0.87
22	0.75	0.07	−0.08	−0.19	−0.17	−0.07	−0.04	0.16	−0.52
23	−0.06	0.24	0.13	0.31	0.25	0.80	0.21	−0.02	0.09
24	−0.22	0.26	0.06	−0.22	0.46	0.50	−0.23	0.41	0.14
25	−0.03	−0.84	−0.06	0.05	0.22	0.32	0.06	0.16	−0.01
26	0.10	0.94	0.12	−0.06	0.17	0.18	−0.04	0.05	0.05
27	−0.05	0.89	0.11	−0.16	0.23	0.21	−0.15	0.17	0.09
28	0.12	−0.24	−0.12	0.79	−0.11	0.11	−0.13	0.15	−0.41
29	0.13	0.12	0.94	0.06	0.05	−0.03	0.19	−0.12	−0.06
30	−0.02	0.09	0.96	−0.04	0.12	0.01	0.08	0.00	−0.01